

12.10.2004

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 9月24日  
Date of Application:

出願番号 特願2003-332482  
Application Number:  
[ST. 10/C]: [JP2003-332482]

REC'D 64 NOV 2004	
WIPO	PCT

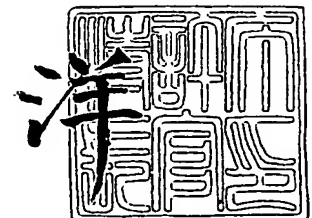
出願人 東京エレクトロン株式会社  
Applicant(s):

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 7月 2日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

小川



BEST AVAILABLE COPY

【書類名】 特許願  
【整理番号】 JPP032257  
【あて先】 特許庁長官 今井 康夫 殿  
【国際特許分類】 H01L 27/108  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号 T B S 放送センター東京エレクトロン株式会社内  
    【氏名】 清水 正裕  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号 T B S 放送センター東京エレクトロン株式会社内  
    【氏名】 河西 繁  
【発明者】  
    【住所又は居所】 東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号 T B S 放送センター東京エレクトロン株式会社内  
    【氏名】 米田 昌剛  
【特許出願人】  
    【識別番号】 000219967  
    【氏名又は名称】 東京エレクトロン株式会社  
    【代表者】 佐藤 潔  
【代理人】  
    【識別番号】 100090125  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 浅井 章弘  
【手数料の表示】  
    【予納台帳番号】 049906  
    【納付金額】 21,000円  
【提出物件の目録】  
    【物件名】 特許請求の範囲 1  
    【物件名】 明細書 1  
    【物件名】 図面 1  
    【物件名】 要約書 1  
    【包括委任状番号】 9105400

**【書類名】 特許請求の範囲****【請求項 1】**

天井部に透過窓が設けられて内部が排気可能になされた処理容器内に設けられた載置台上に被処理体を載置し、前記処理容器の上方に設けた複数の加熱ランプを有する加熱手段からの熱線を前記透過窓に透過させて前記被処理体を加熱昇温することにより前記被処理体に 400℃以上の高温で所定の熱処理を施すようにした熱処理装置において、

前記載置台に少なくとも高速降温を可能とするための熱電変換手段を設け、前記熱電変換手段の下面に、内部に熱媒体を流すための熱媒体ジャケットを設けるように構成したことを特徴とする熱処理装置。

**【請求項 2】**

天井部に透過窓が設けられて内部が排気可能になされた処理容器内に設けられた載置台上に被処理体を載置し、前記処理容器の上方に設けた複数の加熱ランプを有する加熱手段からの熱線を前記透過窓に透過させて前記被処理体を加熱昇温することにより前記被処理体に高温で所定の熱処理を施すようにした熱処理装置において、

前記載置台は、紫外光線を主として吸収する紫外光吸収板と、可視光線を主として吸収する可視光吸収板と、赤外光線を主として吸収する赤外光吸収板とよりなる群の内から選択された 1 種以上の吸収板を含むことを特徴とする熱処理装置。

**【請求項 3】**

前記吸収板を 2 種以上用いた場合には前記吸収板間に前記熱電変換手段が介在させて設けられることを特徴とする請求項 2 記載の熱処理装置。

**【請求項 4】**

前記透過窓は、前記加熱ランプから射出する光線に対する吸収率が少なくなるように形成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載の熱処理装置。

**【請求項 5】**

前記被処理体の昇温時には、前記熱電変換手段には、降温時とは逆方向に電流が流されることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれかに記載の熱処理装置。

**【請求項 6】**

前記熱電変換手段は、複数の熱電変換素子を含み、該熱電変換素子は複数のゾーンに区画されると共に、前記各ゾーン毎に温度制御が可能になされていることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載の熱処理装置。

**【請求項 7】**

前記熱電変換素子は、少なくとも前記被処理体の周辺部に対応する前記載置台の周辺部に設けられることを特徴とする請求項 6 記載の熱処理装置。

**【請求項 8】**

前記熱電変換素子に電流を流さない時に、前記熱電変換素子の起電力により前記載置台の温度を測定するように構成したことを特徴とする請求項 6 または 7 記載の熱処理装置。

**【請求項 9】**

前記熱電変換素子はペルチェ素子よりなることを特徴とする請求項 6 乃至 8 のいずれかに記載の熱処理装置。

**【請求項 10】**

前記複数の加熱ランプは、紫外光線を主として射出する紫外線放電ランプと、可視光線を主として射出するハロゲンランプと、赤外光線を主として射出する赤外線ランプとよりなる群の内から選択された 1 種以上のランプを含むことを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれかに記載の熱処理装置。

**【請求項 11】**

前記紫外線放電ランプの電力制御は、デューティ制御により行われることを特徴とする請求項 10 記載の熱処理装置。

**【請求項 12】**

前記複数の加熱ランプが紫外線放電ランプとハロゲンランプとよりなる場合には、前記被処理体の中央部に対しては主として前記紫外線放電ランプからの紫外光線を照射し、前

記被処理体の周辺部には主として前記ハロゲンランプからの可視光線を照射することを特徴とする請求項 1 0 または 1 1 記載の熱処理装置。

【書類名】 明細書

【発明の名称】 熱処理装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体ウエハ等に対してアニール処理や成膜処理等の各種の熱処理を行う枚葉式の熱処理装置に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、半導体デバイスを製造するには、半導体ウエハに成膜処理、パターンエッチング処理、酸化拡散処理、改質処理、アニール処理等の各種の熱処理を繰り返し行なって所望のデバイスを製造するが、半導体デバイスが高密度化、多層化及び高集積化するに伴ってその仕様が年々厳しくなっており、これらの各種の熱処理のウエハ面内における均一性の向上及び膜質の向上が特に望まれている。例えば半導体デバイスであるトランジスタのチャネル層の処理を例にとって説明すると、このチャネル層に不純物原子のイオン注入後に、原子構造を安定化させる目的でアニール処理が一般的に行われる。

【0003】

この場合、上記アニール処理を長時間行くと原子構造は安定化するが、不純物原子が膜厚方向へ奥深くまで拡散して下方へ突き抜けてしまうので、極力短時間で行う必要がある。すなわち、チャネル層などの膜厚を薄くしつつ、且つ突き抜けも生ずることなく原子構造を安定化させるためには、半導体ウエハを高温まで高速で昇温し、且つアニール処理後にあっては拡散が生じないような低い温度まで高速で降温させることが必要となる。

このようなアニール処理を可能とするために、従来の熱処理装置では、加熱ランプを収容したランプハウスに輻射熱を遮断するシャッター機構を設け、高温でアニール処理した後にウエハ温度を降温させる際にこのシャッター機構を作動させて加熱ランプからの輻射熱を遮断し、ウエハの高速降温を行うようになっている。

【0004】

また他の従来の熱処理装置としては、例えば特許文献1に示すように、ウエハステージにペルチェ素子を設け、100～250℃程度でウエハをエッチングする際に、昇降温時に上記ペルチェ素子を用いるようにした熱処理装置がある。

【0005】

【特許文献1】 特開2001-85408号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ところで、シャッター機構を設けた上記従来の熱処理装置にあっては、このシャッター機構自体が大きいために装置が大型化し、また装置自体も複雑化する、といった問題があった。

またペルチェ素子を用いた従来の熱処理装置にあっては、エッチングを行うプロセス温度が100～250℃の範囲であってそれ程高くなく、例えば高温でアニール処理等を行うには温度が低過ぎて十分ではない、といった問題があった。

本発明は、以上のような問題点に着目し、これを有効に解決すべく創案されたものである。本発明の目的は、高いプロセス温度での熱処理を行う際に、被処理体の高速昇温及び高速降温を行うことが可能な熱処理装置を提供することにある。

また本発明の他の目的は、加熱効率を向上させることが可能な熱処理装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

請求項1に係る発明は、天井部に透過窓が設けられて内部が排気可能になされた処理容器内に設けられた載置台上に被処理体を載置し、前記処理容器の上方に設けた複数の加熱ランプを有する加熱手段からの熱線を前記透過窓に透過させて前記被処理体を加熱昇温す

ることにより前記被処理体に400℃以上の高温で所定の熱処理を施すようにした熱処理装置において、前記載置台上に少なくとも高速降温を可能とするための熱電変換手段を設け、前記熱電変換手段の下面に、内部に熱媒体を流すための熱媒体ジャケットを設けるように構成したことを特徴とする熱処理装置である。

#### 【0008】

このように、400℃以上での高温で被処理体に対して熱処理を行うに際して、載置台上に熱電変換手段を設け、昇温時には主として加熱ランプからの熱により加熱し、降温時には熱電変換手段を用いて強制的に冷却するようにしたので、被処理体の高速昇温及び高速降温を行うことが可能となる。

#### 【0009】

請求項2に係る発明は、天井部に透過窓が設けられて内部が排気可能になされた処理容器内に設けられた載置台上に被処理体を載置し、前記処理容器の上方に設けた複数の加熱ランプを有する加熱手段からの熱線を前記透過窓に透過させて前記被処理体を加熱昇温することにより前記被処理体に高温で所定の熱処理を施すようにした熱処理装置において、前記載置台は、紫外光線を主として吸収する紫外光吸収板と、可視光線を主として吸収する可視光吸収板と、赤外光線を主として吸収する赤外光吸収板とよりなる群の内から選択された1種以上の吸収板を含むことを特徴とする熱処理装置である。

このように、被処理体を載置する載置台を、加熱ランプから発する光線の種類に対応させて所定の吸収波長帯域の特性を有する1種、或いは主たる吸収波長帯域が互いに異なる特性を有する2種以上の吸収板により形成するようにしたので、加熱効率を向上させることが可能となる。

#### 【0010】

この場合、例えば請求項3に規定するように、前記吸収板を2種以上用いた場合には前記吸収板間に前記熱電変換手段が介在させて設けられる。

また例えば請求項4に規定するように、前記透過窓は、前記加熱ランプから射出する光線に対する吸収率が少なくなるように形成されている。

また例えば請求項5に規定するように、前記被処理体の昇温時には、前記熱電変換手段には、降温時とは逆方向に電流が流される。

また例えば請求項6に規定するように、前記熱電変換手段は、複数の熱電変換素子を含み、該熱電変換素子は複数のゾーンに区画されると共に、前記各ゾーン毎に温度制御が可能になされている。

これによれば、熱電変換手段をゾーン毎に制御できるので、被処理体の温度の面内均一性を維持したままこれを高速降温させることが可能となる。

#### 【0011】

また例えば請求項7に規定するように、前記熱電変換素子は、少なくとも前記被処理体の周辺部に対応する前記載置台の周辺部に設けられる。

また例えば請求項8に規定するように、前記熱電変換素子に電流を流さない時に、前記熱電変換素子の起電力により前記載置台の温度を測定するように構成している。

また例えば請求項9に規定するように、前記熱電変換素子はペルチェ素子よりなる。

また例えば請求項10に規定するように、前記複数の加熱ランプは、紫外光線を主として射出する紫外線放電ランプと、可視光線を主として射出するハロゲンランプと、赤外光線を主として射出する赤外線ランプとよりなる群の内から選択された1種以上のランプを含む。

#### 【0012】

また例えば請求項11に規定するように、前記紫外線放電ランプの電力制御は、デューティ制御により行われる。

また例えば請求項12に規定するように、前記複数の加熱ランプが紫外線放電ランプとハロゲンランプとよりなる場合には、前記被処理体の中央部に対しては主として前記紫外線放電ランプからの紫外光線を照射し、前記被処理体の周辺部には主として前記ハロゲンランプからの可視光線を照射する。

## 【発明の効果】

## 【0013】

本発明の熱処理装置によれば、次のように優れた作用効果を發揮することができる。

請求項1～5、7～12に係る発明によれば、400℃以上での高温で被処理体に対して熱処理を行うに際して、載置台に熱電変換手段を設け、昇温時には主として加熱ランプからの熱により加熱し、降温時には熱電変換手段を用いて強制的に冷却するようにしたので、被処理体の高速昇温及び高速降温を行うことができる。

請求項2に係る発明によれば、被処理体を載置する載置台を、加熱ランプから発する光線の種類に対応させて所定の吸収波長帯域の特性を有する1種、或いは主たる吸収波長帯域が互いに異なる特性を有する2種以上の吸収板により形成するようにしたので、加熱効率を向上させることができる。

請求項6に係る発明によれば、熱電変換手段をゾーン毎に制御できるので被処理体の温度の面内均一性を維持したままこれを高速降温させることができる。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0014】

以下に本発明に係る熱処理装置の一実施例を添付図面に基づいて詳述する。

## &lt;第1実施例&gt;

図1は本発明の熱処理装置の第1実施例を示す断面構成図、図2は加熱手段の加熱ランプの配列の一例を示す平面図、図3は熱電変換手段を構成するペルチェ素子の配列の一例を示す平面図、図4は熱線の波長に対するシリコンウエハの吸収率を示すグラフ、図5は熱線の波長に対するゲルマニウムとシリコンの透過率を示すグラフ、図6は熱線の波長に対する石英と窒化アルミニウム (AlN) と SiC との吸収率を示すグラフである。

図1に示すように、この熱処理装置2は、例えばアルミニウムにより筒体状に成形された処理容器4を有している。この処理容器4の天井部は開口されており、この開口部には、Oリング等のシール部材6を介して透明な透過窓8が気密に設けられている。また処理容器4の内部には、薄い円板状になされた載置台10が設けられており、この載置台10の上面に熱処理が施される被処理体としての半導体ウエハWを載置するようになっている。ここで載置台10の材料としては、使用する加熱ランプからの光線を最も吸収し易いような材料で形成され、例えば主に赤外線ランプの光線を吸収し易い SiO<sub>2</sub> 材、AlN 材、SiC 材、主に紫外線ランプ及びハロゲンランプの光線を吸収し易い Ge (ゲルマニウム) 材、Si 材、金属材等を用いることができる。

## 【0015】

また、この処理容器4の側壁には、半導体ウエハWを搬出入する際に開閉されたゲートバルブ12が設けられると共に、熱処理時に必要な処理ガスを内部へ導入するガスノズル14が設けられている。また処理容器4の底部の周辺部には、排気口16が形成されており、この排気口16には図示しない真空ポンプが介設された排気系18が接続されて、処理容器4内の雰囲気気を例えば真空排気可能としている。またこの処理容器4の底部の周辺部を残した中心側には大口径の開口が形成されており、この開口に例えばOリング等のシール部材20を介在させて例えばアルミニウム製の肉厚な底板22が気密に取り付け固定されている。

## 【0016】

そして、上記底板22の上面側に、熱電変換手段24を介して上記板状の載置台10が接合して設けられている。この熱電変換手段24は、複数の熱電変換素子として例えば複数のペルチェ素子24Aを有しており、これらのペルチェ素子24Aはこれらより底板22を気密に貫通して外側へ配線されたリード線26を介してペルチェ制御部28へ接続されており、このペルチェ制御部28により電流の方向や大きさを制御できるようになっている。ここで熱電変換とは、熱エネルギーを電気エネルギーに、また電気エネルギーを熱エネルギーに変換することを言う。また、ペルチェ素子24Aとしては、例えば400℃以上の高温下での使用に耐え得る Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> (ビスマス・テルル) 素子、PbTe (鉛・テルル) 素子、SiGe (シリコン・ゲルマニウム) 素子等を用いることができる。

## 【0017】

また上記底板22の上部には、熱媒体を流すための熱媒体流路30がその平面方向の全体に亘って形成されており、この熱媒体流路30の一端には熱媒体導入路32が接続され、他端には熱媒体排出路34が接続されて、この底板22は熱媒体ジャケット36として兼用されている。ここで、熱媒体としては少なくとも冷媒を流すことができ、上記ペルチェ素子24Aの下面から温熱を奪ってこれを冷却するようになっている。また必要に応じて温媒を流して上記ペルチェ素子24Aの下面から冷熱を奪ってこれを加熱し得るようになっている。この熱媒体は、例えば循環器38により循環使用される。尚、この底板22は、ウエハWを上記載置台10に対して昇降させるために図示しないリフトピンが設けられる。

## 【0018】

一方、上記透過窓8の上方には、上記ウエハWを加熱するための加熱手段40が設けられる。具体的には、この加熱手段40は、複数の加熱ランプ42A、42Bよりなり、これらの加熱ランプ42A、42Bを、透過窓8の上方に設けた容器状のランプハウス44の天井部の下面にその全体に亘って取り付けられている。またこのランプハウス44の天井部の内面は反射鏡48となっており、各加熱ランプ42A、42Bからの熱線を下方向に反射させるようになっている。また各加熱ランプ42A、42Bの総電力は例えば100～200キロワット程度である。これらの各加熱ランプ42A、42Bの制御はランプ制御部46によつて行われ、このランプ制御部46には、上記ペルチェ制御部28から後述するように例えば温度情報が入力されるようになっている。

## 【0019】

ここで図示例においては、ランプハウス44の周辺部以外の中央部に位置する加熱ランプ42Aはその熱線の放射方向を真下に向けられているのに対して、ランプハウス44の周辺部に位置する加熱ランプ42Bは、下方向内側に向けて斜めに設けられており、その熱線の放射方向をウエハWの周辺部に集中させるようになっている。尚、熱線とは、紫外光線、可視光線及び赤外光線（近赤外、遠赤外も含む）の全てを含むものとする。

ここでは図2に示すように、上記加熱ランプ42A、42Bは、天井部の中央側に位置する加熱ランプ42A群よりなる内側ゾーン50Aと、周辺部に位置する加熱ランプ42B群よりなる外側ゾーン50Bとに同心円状に2つのゾーンに分かれており、上記加熱ランプ42A、42Bの電力は、上記各ゾーン50A、50B毎に制御できるようになっている。

尚、上記内側ゾーン50Aには加熱ランプ42A群を比較的疎に配置し、これに対して、上記外側ゾーン50Bには加熱ランプ42B群を比較的密に配置してウエハの面内温度均一な加熱を図ることが好ましい。

## 【0020】

ここで上記加熱ランプ42A、42Bとしては、紫外光線を主として射出する紫外線放射ランプと、可視光線を主として射出するハロゲンランプと、赤外光線を主として射出する赤外線ランプとよりなる群の内から選択された1種または2種以上のランプを用いることができる。

図1では例えば中央側の加熱ランプ42Aとしては、例えば大きさは大きくて大出力が可能な紫外線放電ランプを用い、これに対して、周辺部側の加熱ランプ42Bとしては例えば小型化されたハロゲンランプが用いられる。ここで上記透過窓8は、上記加熱ランプ42A、42Bから射出する光線に対する吸収率が少なくなるようにその材質（母材）、コーティング材料が決定されている。具体的には、例えば熔融石英ガラス、耐熱ガラス、 $\text{CaF}_2$ （弗化カルシウム）材、 $\text{LiF}$ （弗化リチウム）材、Ge（ゲルマニウム）材、コーティングが施されたGe母材等が用いられる。

## 【0021】

また図3（A）に示すように、底板22上に配置されたペルチェ素子24Aは、載置台10の略全面に亘って配置されている。そして、各ペルチェ素子24Aは、中央に位置する内側ゾーン52Aと、その外側の中周に位置する中側ゾーン52Bと、その外側の最外



周に位置する外側ゾーン 52C との 3 つのゾーンに同心円状に区分されている。更に、微妙な温度コントロールが必要な外側ゾーン 52C は、更にその周方向に沿ってペルチェ素子 24A が 3 個ずつになるように 4 つのゾーンに区画されており、上記各ゾーン 52A、52B、52C (4 分割ゾーン) 毎に独立して制御できるようになっている。

尚、図 3 (A) に示したペルチェ素子の配列に変えて、図 3 (B)、図 3 (C) のように配列することも可能である。これらは載置台 10 の略全面にわたりペルチェ素子 24A が敷き詰められた構造を有し、ペルチェ素子 24A 間にはほとんど隙間がない。これによれば、より精密で均一な温度制御を達成することができる。これらにおいては、各ゾーン 52A、52B、52C が正確な同心円状にならないが、図示されるように適宜決定すればよい。ここで図 3 (A)、図 3 (B) ではペルチェ素子 24A の形状は、略四角形に形成され、図 3 (C) に示す場合には略六角形に形成されている。また図 3 (B) 及び図 3 (C) ではゾーン毎にペルチェ素子 24A に異なる模様を付してゾーン区分を明確にしている。またこれら図 3 に示したゾーンの分割形式は、単に一例を示したに過ぎず、これに限定されないのは勿論である。

#### 【0022】

次に、上述のように構成された熱処理装置 2 と動作について説明する。まず、アニール処理を行うために開放されたゲートバルブ 12 を介して未処理の半導体ウエハ W は処理容器 4 内へ導入されて載置台 10 上に載置され、処理容器 4 内を密閉する。そして、ガスノズル 14 より処理ガスとして例えば  $N_2$  ガス、或いは Ar ガスを流量制御しつつ導入すると共に、処理容器 4 内を例えば真空排気して所定のプロセス圧力、例えば  $1 \sim 100 \text{ Pa}$  ( $7.5 \text{ mTorr} \sim 750 \text{ mTorr}$ ) を維持する。これと同時に、ランプ制御部 46 により加熱手段 40 を動作させて各加熱ランプ 42A、42B を点灯させる。

#### 【0023】

これにより、各加熱ランプ 42A、42B より発せられた熱線が透過窓 8 を透過して半導体ウエハ W の表面に入射し、これを急速に加熱して昇温する。この時の昇温速度は例えば  $100 \sim 200^\circ\text{C}/\text{sec}$  程度である。ここで加熱ランプとして紫外線放電ランプを用いた場合には、この紫外線放電ランプに対してデューティ制御を行って、その投入電力を制御する。この点は、以降に説明する各実施例においても同様である。そして、 $400^\circ\text{C}$  以上の高温となるプロセス温度、例えば  $500 \sim 1000^\circ\text{C}$  の所定の温度に、所定の時間だけ維持してアニール処理を行う。尚、ここで紫外線放電ランプに対してデューティ制御を行なう理由は、次の通りである。すなわち紫外線放電ランプに連続的に電力を供給した場合にあっては、この電力を徐々に上げていっても、ある値 (閾値) 以上にならないと放電が起らず、つまり投入電力に対し、比例的な熱線量が得られないと共に、熱線量を  $0 \sim 100\%$  まで連続的に変化させる事ができない。これを放電を起こさせるに十分な電力によりデューティ制御を行えば、これらの問題を一挙に解決できることになる。

#### 【0024】

このようにして、アニール処理が終了したならば、ウエハ W の温度を急速に冷却する高速降温を行うために、各加熱ランプ 42A、42B を消灯すると共に、載置台 10 の下面に設けてある熱電変換手段 24 の各ペルチェ素子 24A に、この上面が冷えるような方向で電流を流す。これにより、処理容器 4 内の対流と放射による冷却効果以外に各ペルチェ素子 24A の上面に冷熱が発生して冷却されるので、これと接している載置台 10 が冷却されてウエハ W を急速に冷却することができ、ウエハ W の高速降温を行うことができる。

この際、各ペルチェ素子 24A の下面には温熱が発生して熱くなるので、底板 22 に形成した熱媒体ジャケット 36 の熱媒体流路 30 に冷却用の熱媒体を流し、上記各ペルチェ素子 24A の下面に発生した温熱を上記熱媒体により系外へ運び出して各ペルチェ素子 24A の下面を冷却することになる。この時の冷却用の熱媒体としては冷却水等を用いることができる。

#### 【0025】

さて、このような動作において、図 2 に示すように各加熱ランプ 42A、42B は複数のゾーン、図示例では 2 つのゾーンに分けられており、特に外側ゾーン 50B の各加熱ラ

ランプ 42B は、ウエハ W の温度の均熱性が取り難いウエハ周辺部に向けられており、この周辺部に熱線を集中的に照射するようになっているので、面内温度の均一性を維持したままウエハ W を高速昇温することができる。この場合、ウエハ温度、或いは載置台 10 の温度は、各ペルチェ素子 24A のゼーベック効果による起電力をペルチェ制御部 28 により測定でき、その温度測定結果をランプ制御部 46 へ入力してこの測定結果に基づいて上記各加熱ランプ 42A、42B をゾーン毎に制御することにより、面内温度の均一性をより高く維持したままウエハ W を高速昇温することができる。

#### 【0026】

更には、ウエハ W の昇温時に、各ペルチェ素子 24A に、この上面が発熱するような方向で電流を流すことにより（ウエハの降温時とは電流の方向は逆になる）、ウエハ W がこの各ペルチェ素子 24A により補助的に加熱されることになるので、ウエハ W の昇温速度を一層大きくすることができる。更に、この場合、加熱用の電流を間欠的に各ペルチェ素子 24A に流しながら加熱用の電流の間欠期間にペルチェ素子 24A の起電力を測定してその温度を求め、この測定温度に基づいてペルチェ素子 24A へ流す加熱用の電流をゾーン毎に制御するようにすれば、昇温時のウエハ温度の面内均一性を一層高く維持することができる。尚、ウエハ W の昇温時には、各ペルチェ素子 24A の下面に冷熱が発生するので、熱媒体ジャケット 36 の熱媒体流路 30 には、ウエハ W の降温時とは異なって加熱用の熱媒体を流し、各ペルチェ素子 24A の下面に生じた冷熱を上記加熱用の熱媒体で系外へ排出するように動作させる。この場合、加熱用の熱媒体としては、例えば高温の温水を用いることができる。

#### 【0027】

またウエハ W の降温時には、ウエハ冷却用の電流を間欠的に各ペルチェ素子 24A に流しながら冷却用の電流の間欠期間にペルチェ素子 24A の起電力を測定してその温度を求め、この測定温度に基づいてペルチェ素子 24A へ流す冷却用の電流をゾーン毎に制御し、これにより、ウエハ温度の面内均一性を高く維持した状態でウエハ温度を降温させることができる。また複数のペルチェ素子 24A を分割するゾーン数を更に多くしたり、或いは個々のペルチェ素子 24A 毎に電流制御ができるようにすれば、ウエハ昇温時及び降温時の面内温度の均一性をより一層高く維持することができる。尚、載置台の温度は、これに埋設された熱電対、または光ファイバーを通じて熱輻射量から計る放射温度計により測定しても良いのは勿論である。

#### 【0028】

ここで被処理体を高速昇温させるためには、加熱手段 40 の各加熱ランプへの投入電力を増加させるだけでは十分ではなく、ランプからの熱線に対する被処理体自体の吸収率を大きくする必要がある。

被処理体として例えばシリコンウエハを用いた場合を例にとると、熱線に対するこのシリコンウエハの吸収率は図 4 に示すグラフのようになる。図 4 に示すように、シリコンウエハの熱線の吸収率は熱線の波長及びシリコンウエハの温度に依存する。ここで熱線とは、前述したように紫外光線から遠赤外光線まで含む広い概念で用いている。

図示するように、波長が  $1.17\mu\text{m}$  程度までは、シリコンウエハの温度に関係なく、 $0.5 \sim 0.7$  程度の高い吸収率を示しているが、波長が  $1.17\mu\text{m}$  よりも大きくなると、吸収率はシリコンウエハの温度に大きく依存し、温度が低い程、吸収率も小さくなる（透過率は大きくなる）。すなわち、シリコンウエハが  $270 \sim 600^\circ\text{C}$  の範囲で変化すると、それに応じて吸収率は  $0.1 \sim 0.7$  の範囲で変化している。

#### 【0029】

従って、被処理体を高速昇温させるには、加熱ランプとしては、波長が  $1.17\mu\text{m}$  以下の熱線を出力するランプ、すなわち主として紫外光線を射出する紫外線放電ランプや主として可視光線を射出するハロゲンランプを用いるのが好ましいことが判明する。またこの種の加熱ランプを用いることにより熱線を有効に利用でき、加熱効率を向上させることができる。

また加熱効率を向上させるためには、上述のようにしてシリコンウエハを透過した熱線

がこの下部の載置台 10 によってどの程度吸収されるかが大きな問題となり、次にこの載置台 10 の材質について検討する。

#### 【0030】

図 5 は熱線の波長に対するゲルマニウムとシリコンの透過率 ( $\equiv 1 - \text{吸収率}$ ) を示すグラフ、図 6 は熱線の波長に対する石英 ( $\text{SiO}_2$ ) と窒化アルミニウム ( $\text{AlN}$ ) と炭化シリコン ( $\text{SiC}$ ) の吸収率を示すグラフである。まず、図 5 に示すようにここではゲルマニウムは厚さを 2 mm に設定し、シリコンは厚さを 2.5 mm に設定している。図 5 から明らかなように、熱線の波長が  $0.77 \mu\text{m}$  以下である可視光線の領域及び紫外光線の領域では透過率は 10 % 以下で非常に小さくなっており、すなわち吸収率は 90 % 以上で非常に大きくなっている。従って、加熱ランプとして紫外線放電ランプやハロゲンランプを用いた場合、或いは本実施例のように両ランプを混在させて設けた場合には、載置台 10 の材料としてゲルマニウム基板やシリコン基板を用いるのが好ましいことが確認できた。これによれば、シリコンウエハを透過した熱線を載置台 10 が効率良く吸収でき、この結果、この載置台 10 の熱でシリコンウエハを加熱することができるので、その分、加熱効率を向上させることができ、また、昇温速度も更に向上させることができる。

#### 【0031】

また図 6 に示す  $\text{SiO}_2$  (図 6 (A))、 $\text{AlN}$  (図 6 (B))、 $\text{SiC}$  (図 6 (C)) の板厚は 1.3 ~ 3.4 mm に設定されており、上記各材料は、波長が  $0.77 \mu\text{m}$  以上の赤外光線以上の領域でなければ十分に大きな吸収率を示しておらず、紫外光線及び可視光線の領域では吸収率が非常に低い。従って、加熱ランプとして赤外線ランプを用いた場合には、載置台 10 の材料として  $\text{SiO}_2$  板、 $\text{AlN}$  板、 $\text{SiC}$  板を用いるのが好ましいことが確認できた。この場合、 $\text{SiC}$  等の他に、他の酸化物を含むセラミック材を用いてもよい。

また、加熱効率を向上させるには熱線に対する透過窓 8 の透過率も大きな問題となり、次にこの透過窓 8 について検討する。図 7 は熱線の波長に対する  $\text{CaF}_2$  (弗化カルシウム) [厚さ: 3 mm] と  $\text{LiF}$  (弗化リチウム) [厚さ: 2 mm] の透過率を示すグラフ、図 8 は熱線の波長に対する熔融石英 (厚さ: 1 mm) の透過率を示すグラフ、図 9 は各種の母材に対してコーティング処理を行った時の赤外光線領域の透過率を示すグラフである。

#### 【0032】

まず、図 7 に示すように、 $\text{CaF}_2$  板 (図 7 (A)) は  $0.2 \mu\text{m}$  の紫外光線から  $8 \mu\text{m}$  の赤外光線の範囲で、また  $\text{LiF}$  板 (図 7 (B)) は  $0.12 \mu\text{m}$  の紫外光線から  $7 \mu\text{m}$  の赤外光線の範囲で、共に 90 % 前後の高い透過率を示しており、従って、加熱ランプの種類を問わず、紫外線放電ランプ、ハロゲンランプ、赤外光線ランプの全てのランプに対してこの  $\text{CaF}_2$  板や  $\text{LiF}$  板を透過窓 8 として用いることができることを確認できた。特に、この  $\text{CaF}_2$  板や  $\text{LiF}$  板は紫外光線の領域で高い透過率を示しており、従って、加熱ランプとして紫外線放電ランプを用いる場合に特に有効であることが確認できた。

#### 【0033】

また図 8 に示すように熔融石英の場合には、波長が略  $0.2 \mu\text{m}$  の紫外光線の領域から波長が略  $4.0 \mu\text{m}$  の赤外光線の領域に亘って透過率は 80 % 前後の高い値を示しており、図 7 に示した材料と同様に、熔融石英も紫外光線の領域から赤外光線の領域の広い範囲に亘って透過窓 8 の材料として好ましいことが確認できた。特に、可視光線の領域 ( $0.42 \sim 0.77 \mu\text{m}$ ) の領域では吸収率が 90 % 以上と非常に高くなっており、特に好ましいことが確認できた。この場合にも、先に説明したと同様に加熱効率を向上でき、また、昇温速度も更に向上させることができる。

#### 【0034】

次に、図 9 を参照して赤外線領域の光線について検討する。図 9 に示すように、 $\text{ZnSe}$  板、 $\text{Si}$  板、 $\text{Ge}$  板がそれぞれ単独の場合 (コートなし) には、透過率はそれぞれ 70 %、50 %、45 % であってそれ程高くないが、以下に述べる両面コートをそれぞれに施

すと、透過率は全て90～100%の範囲内に大幅に上昇し、高い加熱効率を発揮できることが確認できた。すなわち、加熱ランプとして赤外線ランプを用いた場合には上記両面コート of ZnSe板、Ge板、Si板を用いるのが好ましいことが確認できた。

#### 【0035】

ここでZnSe板の場合、熱線入射側の上面には母材のZnSeよりも低い屈折率の $\text{ThF}_4$ コーティング材を用い、熱線透過側の下面には母材のZnSeよりも高い屈折率のZnSeコーティングを用いた。また、Si板の場合、上面には母材のSiよりも低い屈折率の $\text{SiO}_2$ コーティング材を用い、下面には母材のSiよりも高い屈折率のGeコーティング材を用いた。

また、Ge板の場合、上面には母材のGeよりも低い屈折率の $\text{SiO}_2$ コーティング材を用い、下面には母材のGeよりも高い屈折率のGeコーティング材を用いた。

#### 【0036】

##### <第2実施例>

次に、本発明の第2実施例について説明する。上記第1実施例においては載置台10として1種類の材料を用いた場合を例にとって説明したが、これに限定されず、例えば主たる吸収波長帯域が互いに異なる特性を有する複数の吸収板を積層することにより載置台10を形成するようにしてもよい。図10は本発明の第2実施例の載置台の構成を示す構成図である。尚、載置台10以外の構成については図示省略している。この載置台10は、具体的には、紫外光線と可視光線とを主として吸収する可視光吸収板62と、赤外光線を主として吸収する赤外光吸収板64とよりなる2種類の吸収板を積層して構成されている。

#### 【0037】

図10においては、2種類の吸収62、64を用いた場合を示している。ここで各吸収板62、64を構成する材料としては、先に説明した図5及び図6も参照して、紫外光・可視光吸収板62としては例えばゲルマニウム、或いはシリコン板を用い、赤外光吸収板64としては例えば石英板、AlN板、或いはSiC板を用いることができる。尚、ここで赤外光とは、近赤外光線、赤外光線及び遠赤外光線を含む。

この場合には、用いた吸収板に相当する吸収波長帯域の熱線であって被処理体を透過した熱線を全て載置台10で吸収することができるので、その分、加熱効率を大幅に向上させることができ、また昇温速度を更に上げることができる。

#### 【0038】

また、1枚の吸収板がそれぞれの領域において独立的に吸収率が高い場合、3種類の吸収板を積層することもできる。また図10(A)において、各吸収板62、64の積層の順序は特に限定されない。

また図10(A)に示す場合には、2枚の吸収板62、64を重ね合わせて積層して載置台10を形成し、この下面側にペルチェ素子24Aを接合しているが、これに限定されず、図10(B)に示すように各吸収板62、64の相互間にペルチェ素子24Aを分散状態で介在させるようにしてもよい。この場合、アニール処理後にウエハ温度を高速降温させるためには、各ペルチェ素子24Aの上面側を吸熱状態とし(冷熱を発生)、下面側を放熱(発熱)状態とするように各ペルチェ素子24Aに電流を流すようにする。この時、当然のこととして熱媒体ジャケット36には冷却用の熱媒体、例えば冷却水を流す。

#### 【0039】

これに対して、ウエハの高速昇温時には上記とは逆であり、各ペルチェ素子24Aの上面側を放熱(発熱)状態とし、下面側を吸熱状態(冷熱を発生)とするように各ペルチェ素子24Aに電流を流すようにする。この時、当然のこととして熱媒体ジャケット36に加熱用の熱媒体を流す。図10(B)に示す構成は、吸収板の使用枚数が3枚の場合にも適用することができる。

このように構成することにより、熱線の吸収波長帯域が異なる吸収板62、64間の熱伝導率を向上させることができるので、結果として、ウエハの加熱効率及び降温効率を向上させることができる。

## 【0040】

## &lt;第3実施例&gt;

次に本発明の第3実施例について説明する。

図11は本発明の第3実施例を示す断面構成図である。尚、図1中と同一構成部分については同一符号を付してその説明を省略する。ここでは図11に示すように、処理容器4の底板22、或いは熱媒体ジャケット36の上面に、例えばアルミニウムメッキよりなる反射板70を全面に亘って形成している。そして、この反射板70の上にペルチェ素子24Aを介して載置台10を設けるようにしている。

## 【0041】

この実施例によれば、ウエハWや載置台10を透過した熱線をこの反射板70で上方に反射させて再度ウエハWの加熱に寄与できるので、その分、加熱効率を向上させることができ、従って、更に速度の大きい高速昇温を行うことができる。尚、この実施例の載置台10に対しても、図10に示す第2実施例を採用できるのは勿論であり、反射板70は載置台10とペルチェ素子24Aの間に設置されてもよい。また、加熱ランプ42Aの種類は、ここでも問わず、紫外線放電ランプ、ハロゲンランプ、赤外線ランプの内の1種、または2種以上を用いることができる。

## 【0042】

## &lt;第4実施例&gt;

次に本発明の第4実施例について説明する。

図12は本発明の第4実施例を示す断面構成図である。尚、図1中と同一構成部分については同一符号を付してその説明を省略する。

この第4実施例では、加熱ランプ42Aとして少ない数の、図示例では1つの大型の大型の紫外線放電ランプを用いてウエハを多量の熱線で粗く加熱するようになっている。この場合、ウエハWの昇降時及び降温時には、各ペルチェ素子24Aの電流をゾーン毎に、或いは個別に微細に制御することによりウエハ温度の面内均一性を高く維持する。またこの大型の紫外線放電ランプよりなる加熱ランプ42Aの電力は、前述したようにデューティ制御によりコントロールされる。

## 【0043】

また、ここでは底板22に円筒状の脚部22Aを設けて、この高さ全体を大きくしている。そして、この底板22の上部の外周側に被処理体回転保持台74を設けて、必要時にウエハWを持ち上げた状態でこれを回転し得るようになっている。具体的には、この被処理体回転保持台74は例えばアルミニウム等により円筒体状に成形されて、載置台10及び底板22の上部の外周側に所定の間隔を隔てて配置されている。そして、この被処理体回転保持台74の上端部は、内側へ略直角に折り曲げられており、その先端部に適当数の保持片76が水平方向に延びるようにして設けられ、必要に応じてここではウエハWの周辺部の下面を保持できるようになっている。またこの被処理体回転保持台74の下端部の内側には、その周方向に沿って永久磁石78が多数配列させて設けられている。また、上記底板22の脚部22Aには、上記永久磁石78に対向させて回転用の電気コイル80がその周方向に沿って設けられており、この電気コイル80に電流を流すことにより回転磁回を発生させて、これに磁気結合される上記永久磁石78側、すなわち被処理体回転保持台74を回転し得るようになっている。

## 【0044】

また上記回転用の電気コイル80の下部には、浮上用の電気コイル82がその周方向に沿って形成されており、必要に応じてこの浮上用の電気コイル82に通電することにより上記永久磁石78との間で磁氣的に反発力を生ぜしめて、上記被処理体回転保持台74を上方へ浮かせることができるようになっている。尚、図示されていないが、この被処理体回転保持台74にはエンコーダ等が設けられており、その回転数や回転位置を検知し、且つ制御できるようになっている。また、載置台10の周辺部には、上記保持片76の上下移動を許容する図示しない切り欠き等が設けられている。

## 【0045】

さてこのような熱処理装置にあっては、ウエハWを加熱昇温し、アニール処理を行う時には、浮上用の電気コイル82に通電をして永久磁石78との間に反発力を生ぜしめて保持片76でウエハWを支持した状態で被処理体回転保持台74を浮上させる。これにより、ウエハWは載置台10の上面から離間して浮上した状態となる。尚、この場合、載置台10の材料としては、上述の各実施例において記載されたものとは異なり、ランプからの熱線を反射してウエハ側に戻すような材料が選ばれることが望ましい。このような材料として、例えば紫外光・可視光・赤外光に対するAl材料、可視光・紫外光に対するAg/Au材料、またはこれらに反射増強コーティングを加えたものなどが挙げられる。

そして、回転用の電気コイル80に通電することにより回転磁回が生じて被処理体回転保持台74が回転する。このように、ウエハWは載置台10の上面より浮上して回転された状態で加熱昇温されてアニール処理されることになる。尚、この際、ペルチェ素子24Aの上面を発熱させて温度制御を行うようにしてもよい。これにより、熱容量の小さいウエハのみを加熱昇温すれば良いことになり、さらなる高速昇温が可能となる。

#### 【0046】

またアニール処理が終了し、ウエハWを冷却する場合には、加熱ランプ42Aへの通電を断ち、上記浮上用の電気コイル82及び回転用の電気コイル80への通電をそれぞれ切って被処理体回転保持台74を降下させ、ウエハWを載置台10の上面に接した状態でこの冷却を行う。この時、前述したようにペルチェ素子24Aの上面は、冷却を発生するように電流を流し、これによりウエハWを高速降温させることができる。

またここでは保持片76は、ウエハWの周辺部を保持して持ち上げるようにしたが、これに限定されず、載置台10をペルチェ素子24Aの上面上に載置するだけの構造とし、保持片76は載置台10の周辺部を保持して持ち上げるようにしてもよい。

#### 【0047】

以上の各実施例では、熱処理としてアニール処理を例にとって説明したが、これに限定されず、他の熱処理、例えば成膜処理、酸化拡散処理、改質処理等の場合にも本発明を適用できるのは勿論である。

またここでは、被処理体としてシリコンウエハを例にとって説明したが、化合物半導体等の他の半導体ウエハ、LCD基板、ガラス基板等进行处理する場合にも本発明を適用できるのは勿論である。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【0048】

【図1】本発明の熱処理装置の第1実施例を示す断面構成図である。

【図2】加熱手段の加熱ランプの配列の一例を示す平面図である。

【図3】熱電変換手段を構成するペルチェ素子の配列の一例を示す平面図である。

【図4】熱線の波長に対するシリコンウエハの吸収率を示すグラフである。

【図5】熱線の波長に対するゲルマニウムとシリコンの透過率を示すグラフである。

【図6】熱線の波長に対する石英と窒化アルミニウム(AlN)とSiCとの吸収率を示すグラフである。

【図7】熱線の波長に対するCaF<sub>2</sub>(弗化カルシウム)とLiF(弗化リチウム)の透過率を示すグラフである。

【図8】熱線の波長に対する熔融石英の透過率を示すグラフである。

【図9】各種の母材に対してコーティング処理を行った時の赤外光線領域の透過率を示すグラフである。

【図10】本発明の第2実施例の載置台の構造を示す構成図である。

【図11】本発明の第3実施例を示す断面構成図である。

【図12】本発明の第4実施例を示す断面構成図である。

#### 【符号の説明】

##### 【0049】

2 熱処理装置

4 処理容器

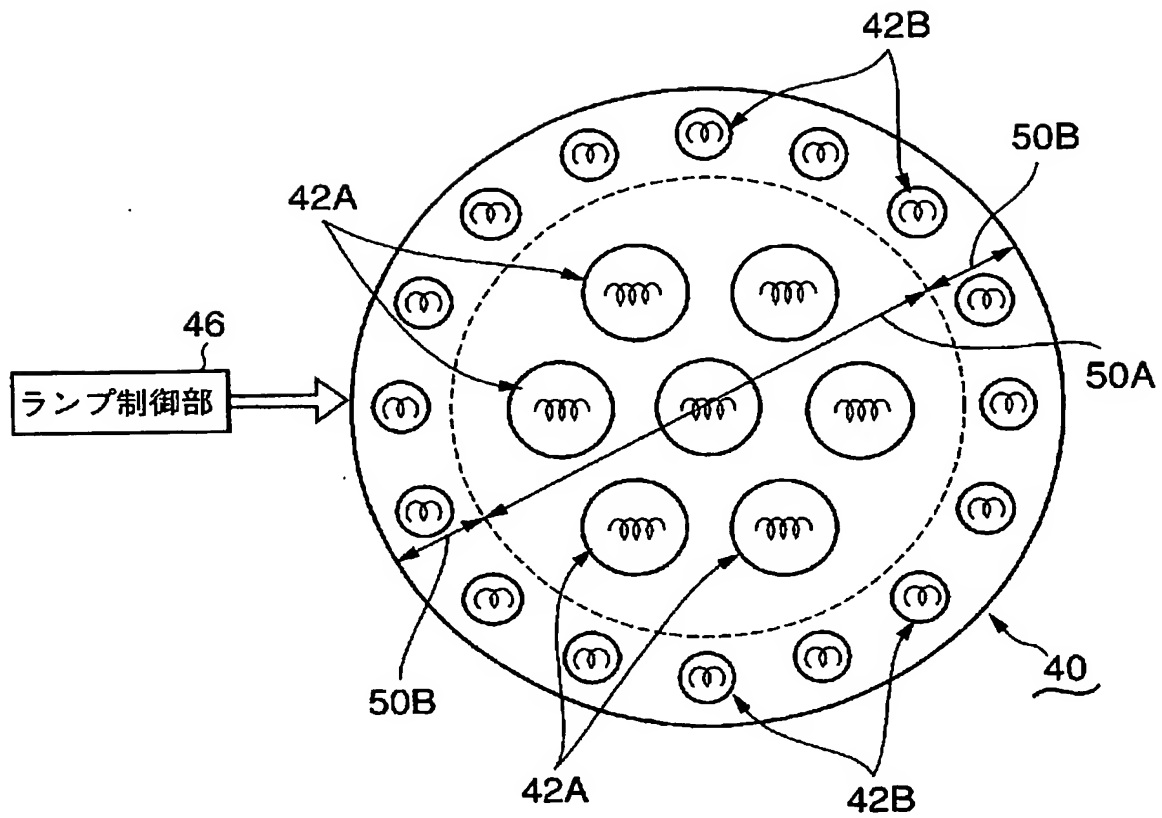
- 8 透過窓
- 1 0 載置台
- 2 4 熱電変換手段
- 2 4 A ペルチェ素子
- 2 8 ペルチェ制御部
- 3 6 熱媒体ジャケット
- 4 0 加熱手段
- 4 2 A, 4 2 B 加熱ランプ
- 4 6 ランプ制御部
- 6 2 可視光吸収板
- 6 4 赤外光吸収板
- W 半導体ウエハ (被処理体)



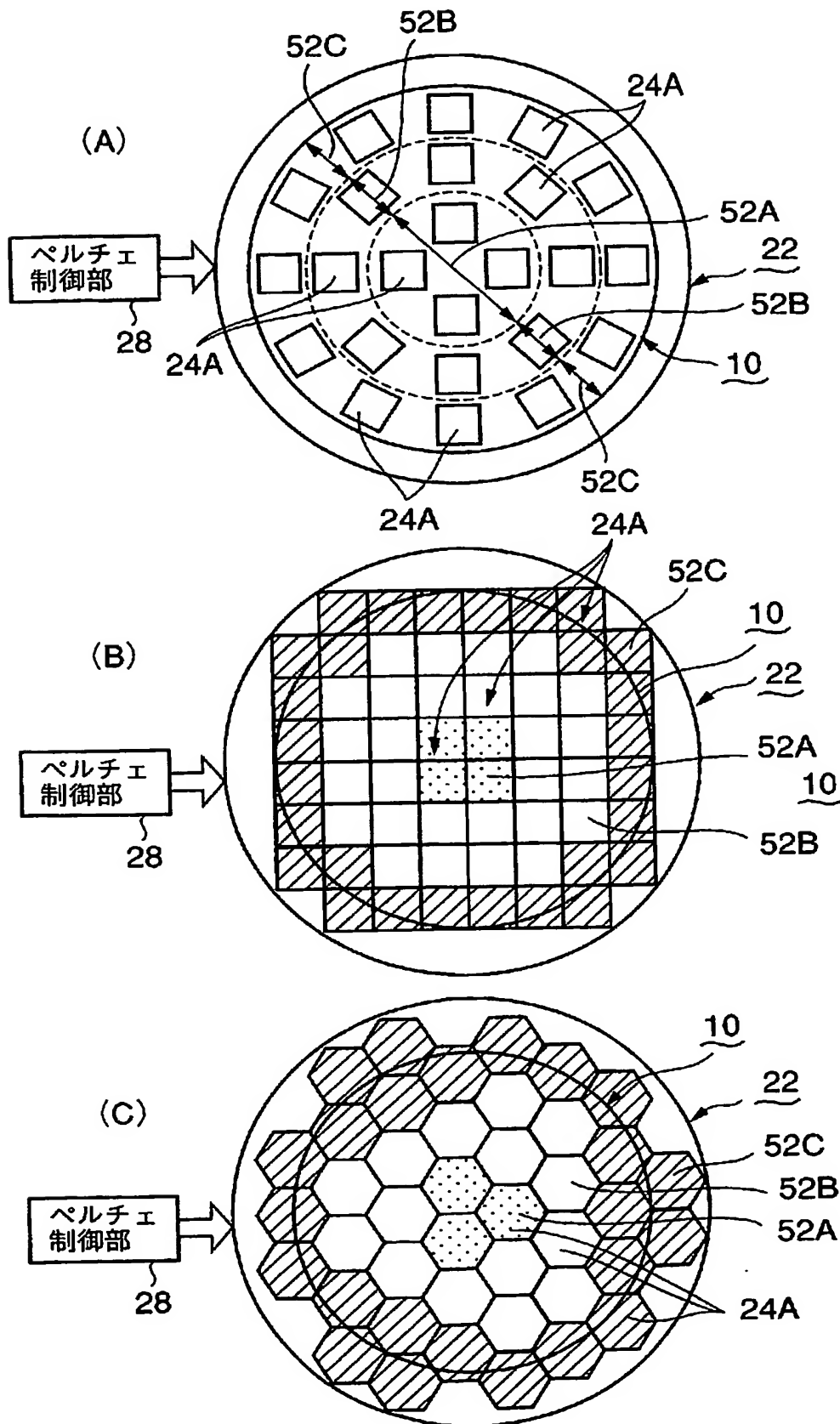




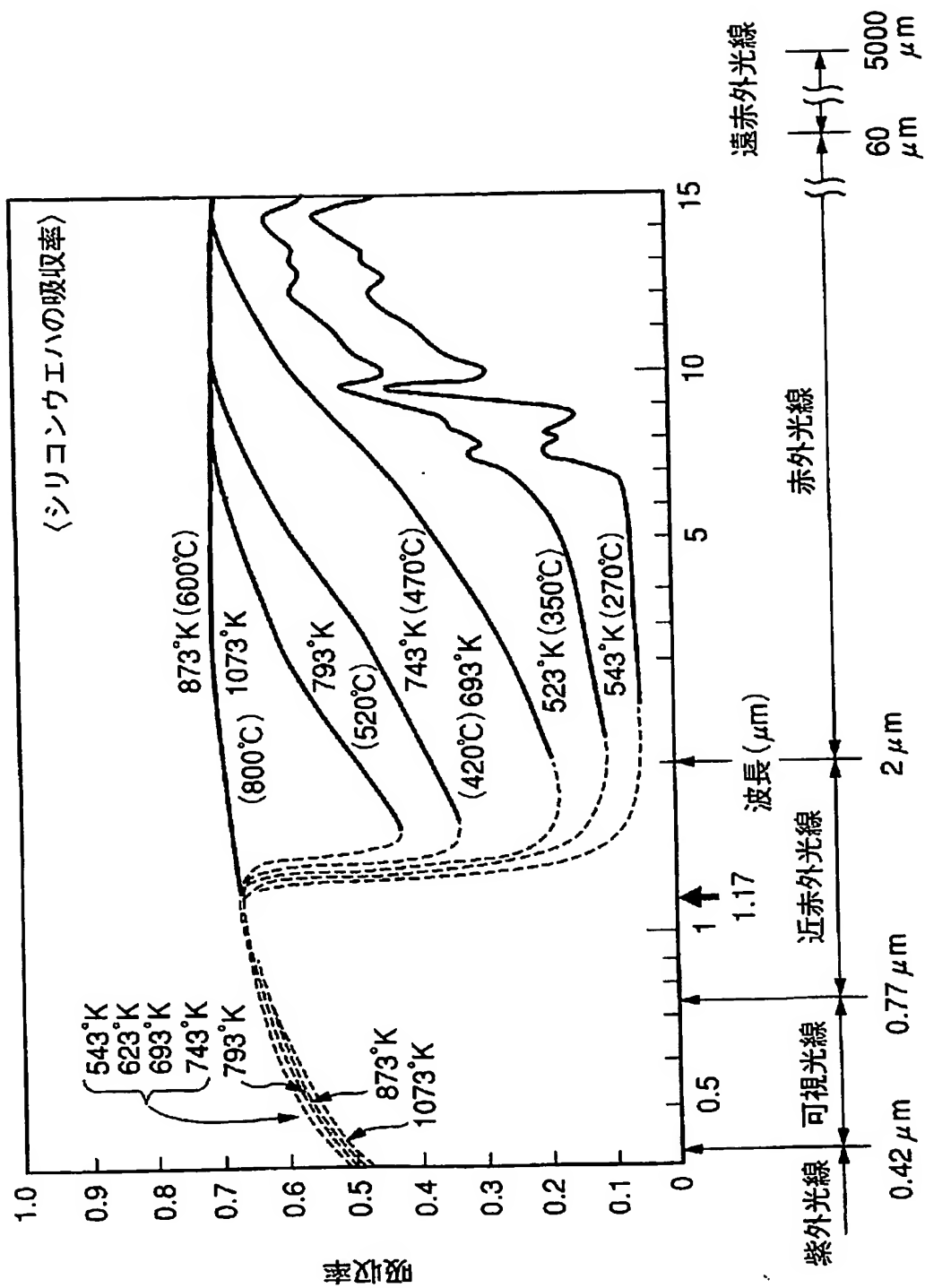
【図 2】



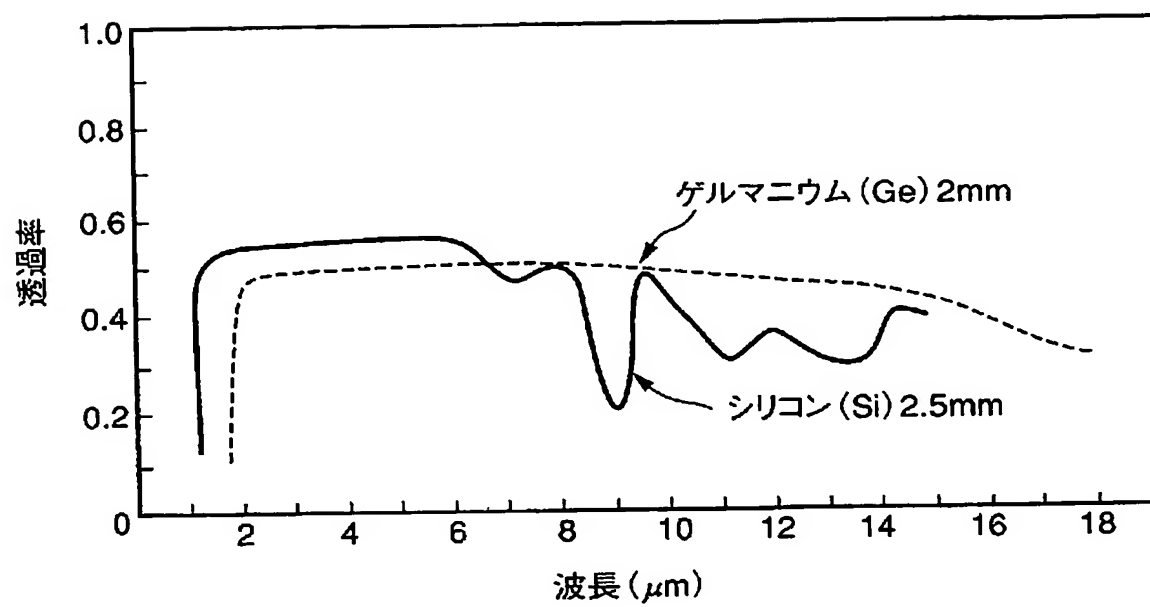
【図 3】



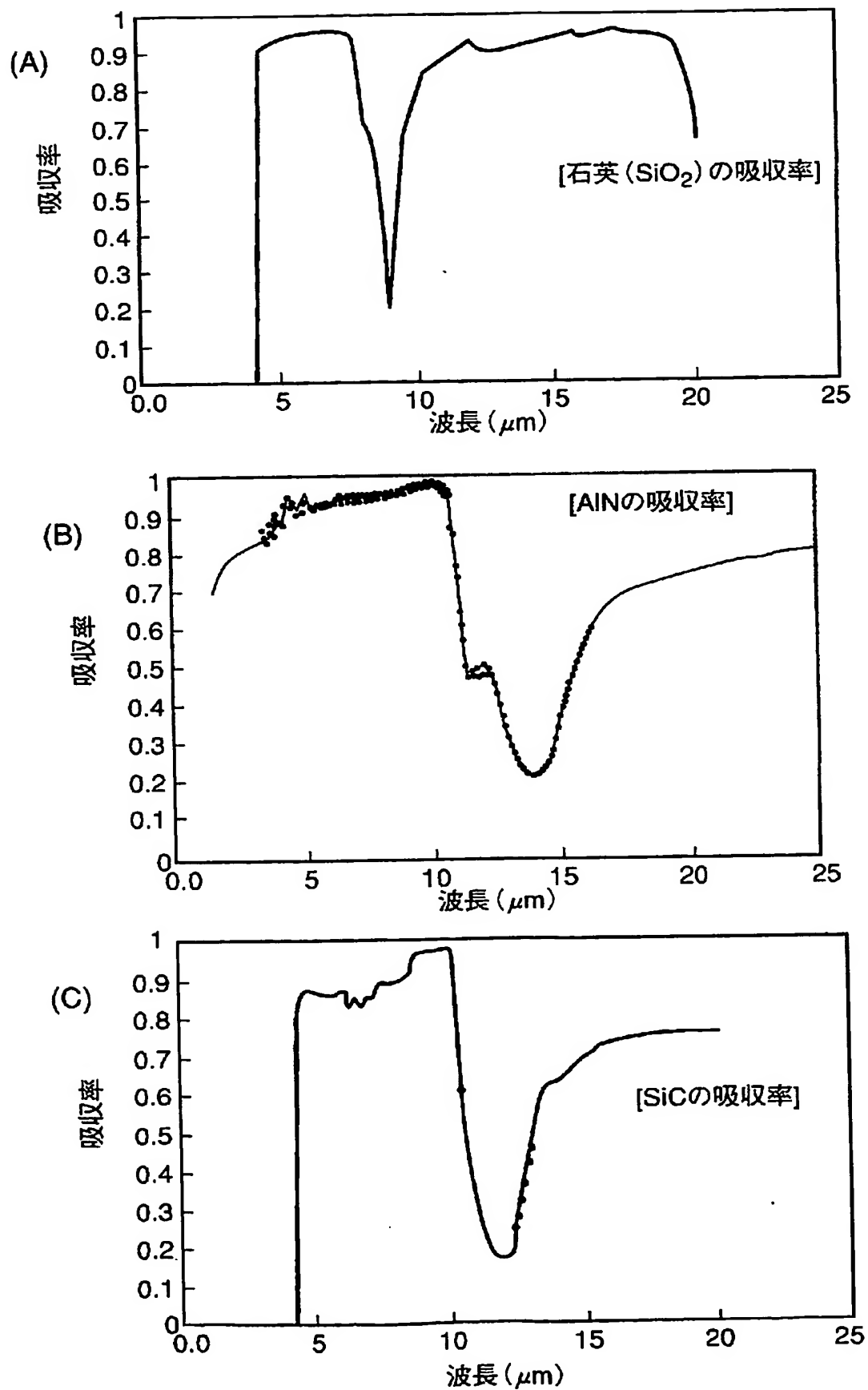
【図 4】



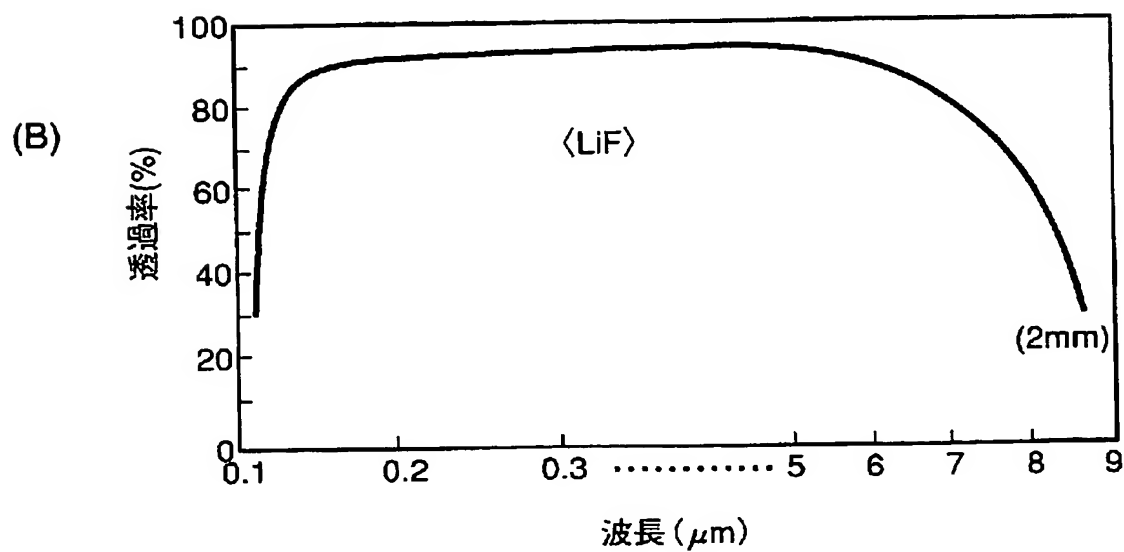
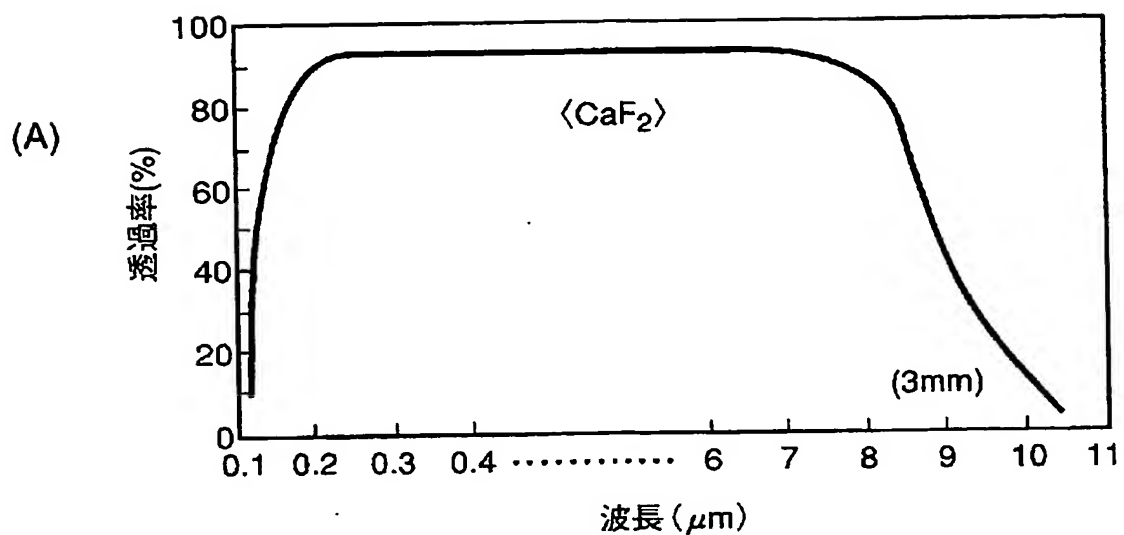
【図 5】



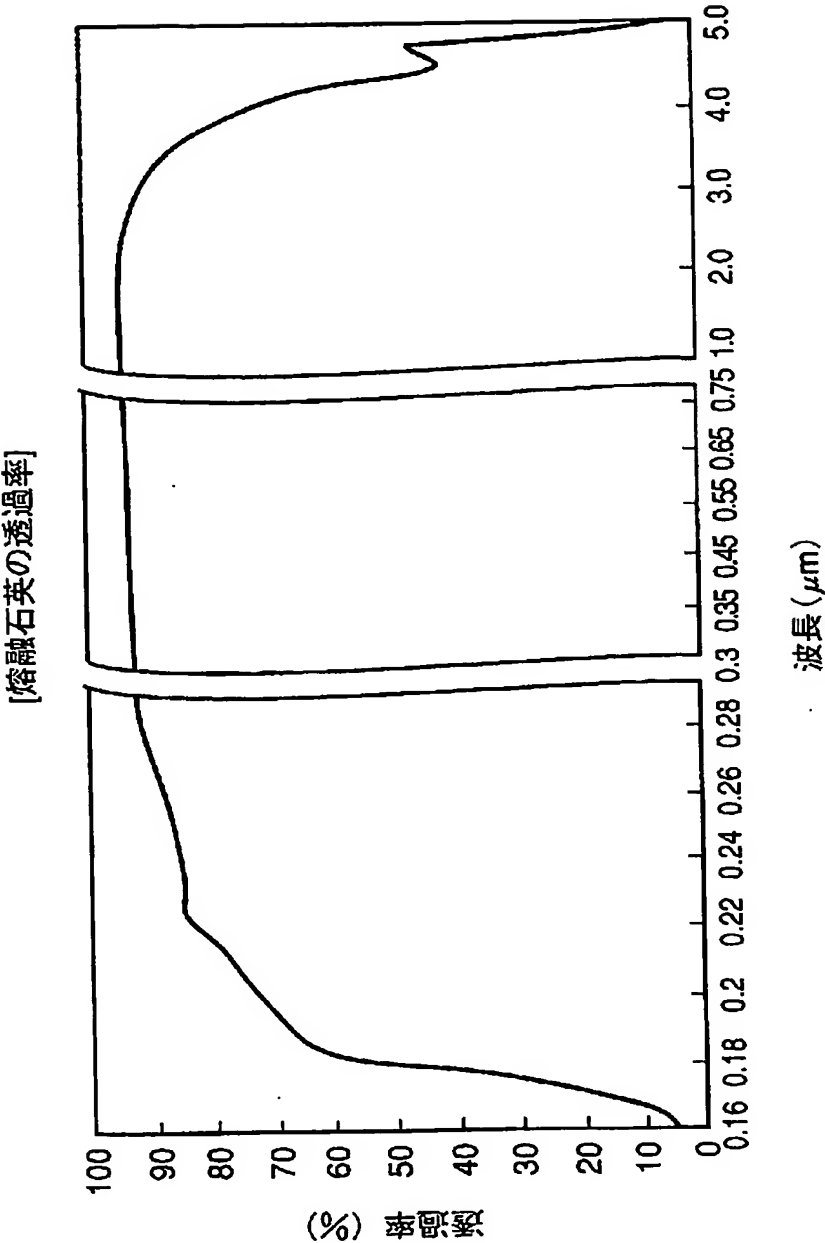
【図 6】



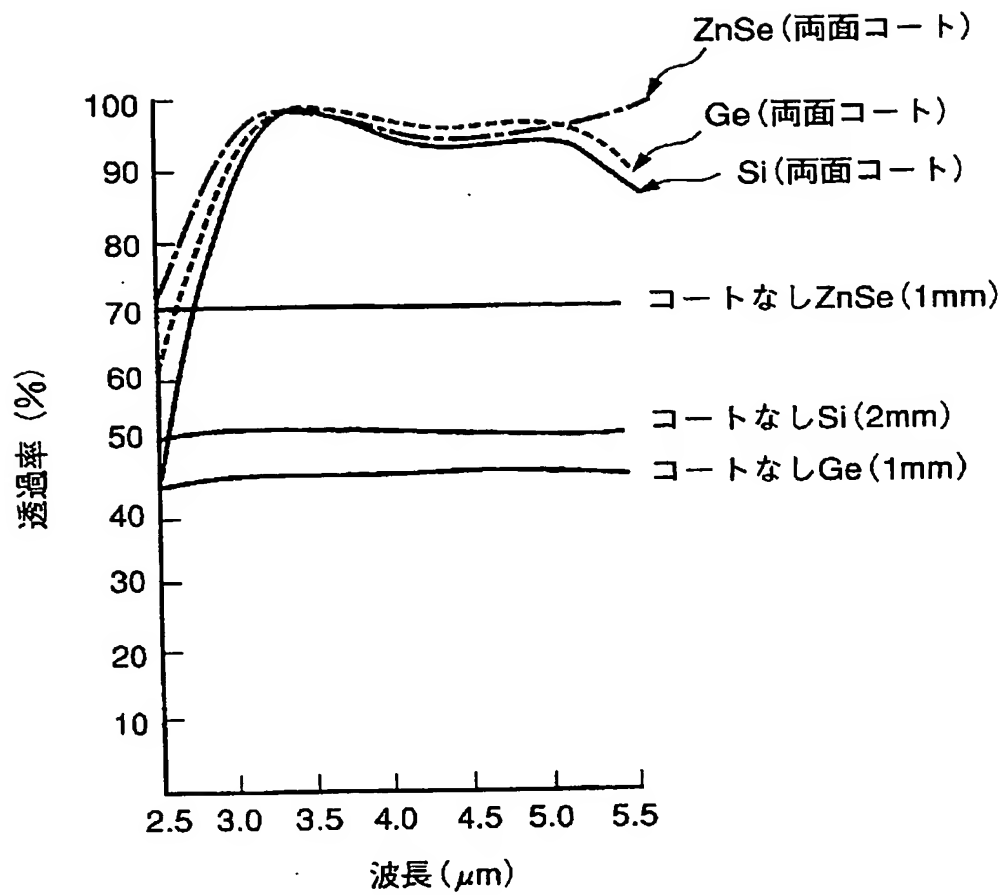
【図 7】



【図 8】

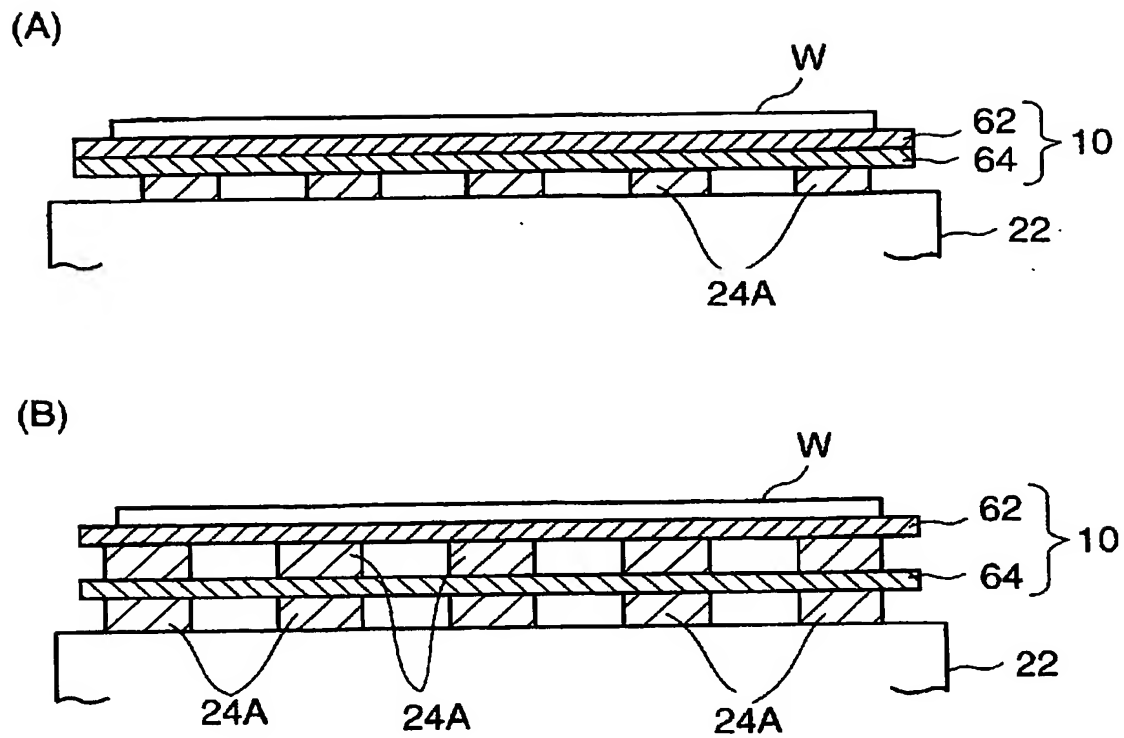


【図9】



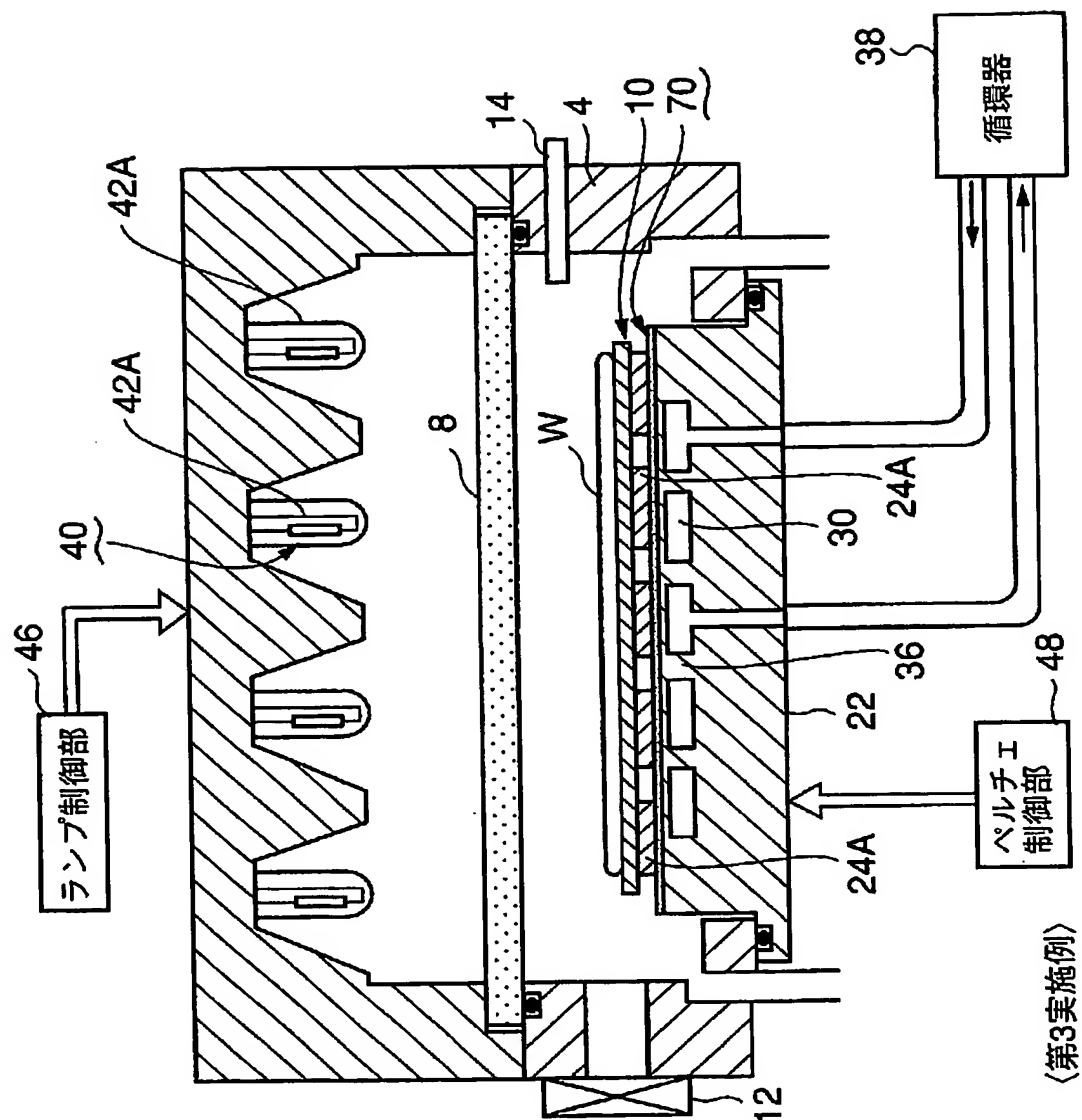


【図10】

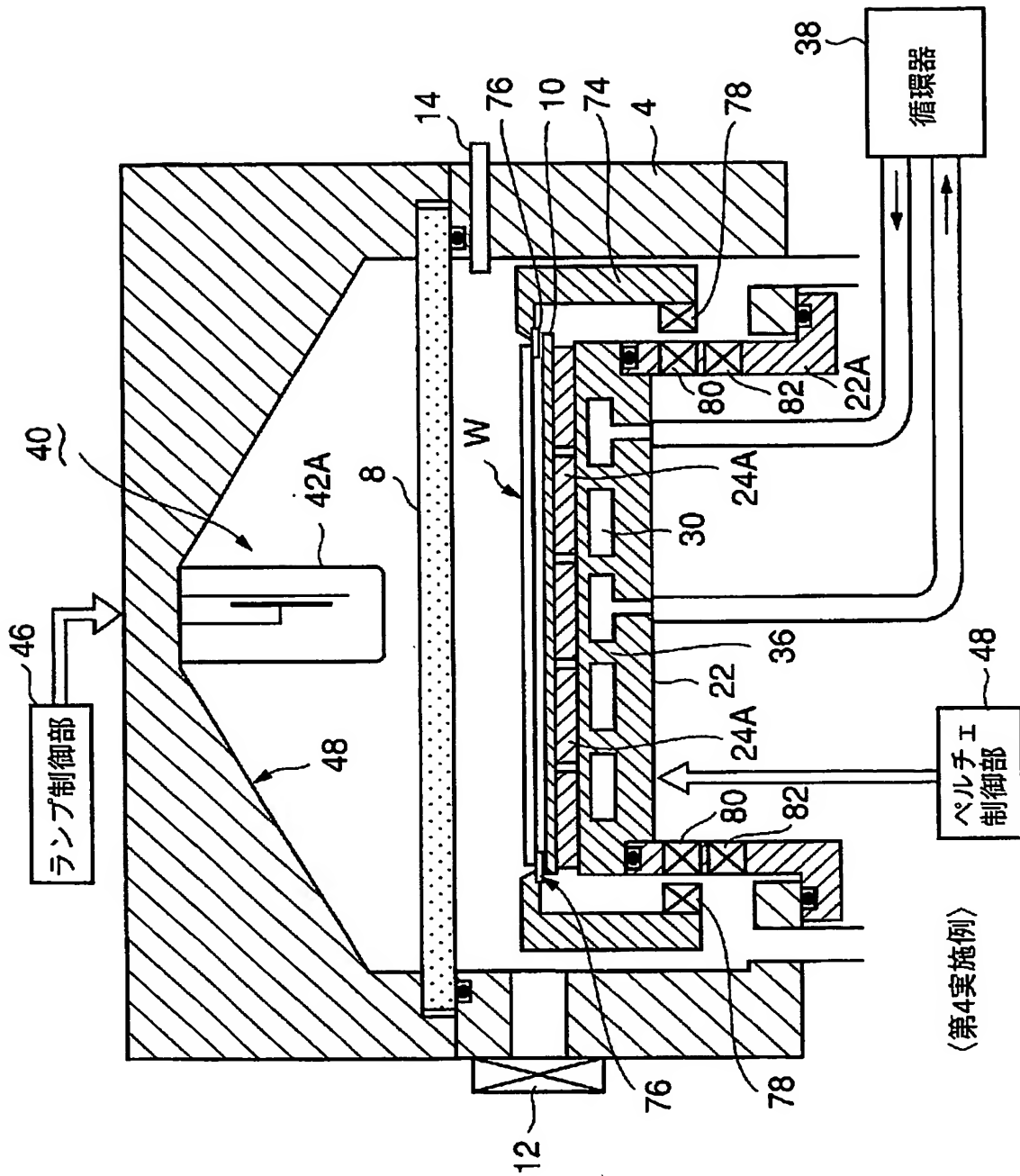


〈第2実施例〉

【圖 1 1】



【図12】



〈第4実施例〉

**【書類名】 要約書****【要約】**

**【課題】** 高いプロセス温度での熱処理を行う際に、被処理体の高速昇温及び高速降温を行うことが可能な熱処理装置を提供する。

**【解決手段】** 天井部に透過窓 8 が設けられて内部が排気可能になされた処理容器 4 内に設けられた載置台上に被処理体 W を載置し、前記処理容器の上方に設けた複数の加熱ランプ 4 2 A, 4 2 B を有する加熱手段 4 0 からの熱線を前記透過窓に透過させて前記被処理体を加熱昇温することにより前記被処理体に 4 0 0 ℃ 以上の高温で所定の熱処理を施すようにした熱処理装置において、前記載置台に少なくとも高速降温を可能とするための熱電変換手段 2 4 を設け、前記熱電変換手段の下面に、内部に熱媒体を流すための熱媒体ジャケット 3 6 を設ける。

**【選択図】** 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2003-332482
受付番号	50301574603
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0094
作成日	平成15年 9月25日

<認定情報・付加情報>

【提出日】 平成15年 9月24日

特願 2 0 0 3 - 3 3 2 4 8 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 2 1 9 9 6 7 ]

1. 変更年月日

2 0 0 3 年 4 月 2 日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都港区赤坂五丁目 3 番 6 号

氏 名

東京エレクトロン株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**